

IMPACTO DAS LINHAS DE ÁGUA URBANAS NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E REGENERAÇÃO DE ESPAÇOS PÚBLICOS

IMPACT OF URBAN WATERCOURSES ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND REGENERATION OF PUBLIC SPACES

Diogo Arezes^{a,}, Hélder Costa^b, Paulo J. Ramísio^c*

^{a, b e c} Universidade do Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

RESUMO

A grande maioria das cidades e aglomerados urbanos são atravessados por linhas de água tendo estas uma enorme importância na qualidade de vida das populações. Os seus impactos tanto podem ser positivos – quando se implementa uma gestão integrada de toda a rede – como negativos – sendo comum, em muitos locais, relatos de inundações e de degradação da qualidade das águas. O trabalho aqui desenvolvido centra-se numa linha de água urbana – situada numa localidade no norte de Portugal – que tem vindo a afetar, negativa e progressivamente, as populações. O estudo pretende encontrar uma solução de requalificação que, por um lado, mitigue os efeitos negativos resultantes da existência deste curso de água – inundações e poluição hídrica – e, por outro, potencie as oportunidades inerentes a uma gestão integrada e eficiente. A solução apresentada possibilita isso mesmo: através da implementação de um processo separativo, salvaguardar a qualidade das águas e a redução dos picos de caudal e, por via da instalação de uma câmara de controlo, a montante, e de regularização, a jusante, efetuar uma gestão rigorosa e eficiente dos caudais, promovendo, simultaneamente, a regeneração da área envolvente e o desenvolvimento sustentável de toda a região.

Palavras Chave – desenvolvimento sustentável; linhas de água urbanas; águas pluviais; requalificação urbana; regeneração urbana.

ABSTRACT

The great majority of cities and urban areas are crossed by watercourses which have an enormous importance in the life quality of populations. Their impacts can be both positive - when integrated management of the whole system is implemented - as negative - resulting from floods and degradation of water quality. Therefore, this case study focuses on a watercourse - located in a region in the north of Portugal - that has been negatively and progressively affecting the entire community. The study aims to find a requalification solution that mitigate the negative effects of this watercourse - namely floods and water pollution - and, at the same time, enhance the opportunities inherent to an integrated and efficient management. The solution presented makes this possible. Safeguard the water quality and reduce the flow peaks as well as develop an efficient flow management while, simultaneously, promoting the regeneration of the surrounding area and the sustainable development of the region.

Keywords – sustainable development; urban watercourses; stormwater; urban requalification; urban regeneration.

* *Autor para correspondência. Corresponding author.*
E-mail: LDAAREZES@GMAIL.COM (Eng. Diogo Arezes)

1 INTRODUÇÃO

Fruto do crescimento urbanístico verificado nas últimas décadas (UNDESA, 2014), com o consequente aumento da impermeabilização dos solos nos grandes centros urbanos, mas também devido à incerteza que tem vindo a caracterizar os fenómenos hidrológicos, é frequente a existência de situações em que os sistemas de drenagem não respondem ao objetivo para o qual foram projetados (Howden *et al.*, 2007).

Alguns destes sistemas encontram-se dimensionadas para cenários e ambientes que não correspondem às realidades atuais e outros encontram-se manifestamente subdimensionados justificando-se a necessidade de promover operações de requalificação e de modernização das mesmas que garantam a sustentabilidade e eficiência de toda a rede (Meehl, *et al.*, 2007).

Por sua vez, e uma vez que uma parte significativa do espaço urbanizado, encontra-se localizado na proximidade das suas linhas de água (McCool, Clark & Stankey, 2008), e tendo em consideração as características específicas das bacias urbanas, geralmente de dimensões menores, o efeito do crescimento urbano faz-se sentir de forma particular nos caudais e na qualidade de água das suas linhas de água (Jha, Bloch & Lamond, 2012).

A gestão sustentável da água, em ambiente urbano reveste-se, por isso, de extrema relevância (Russo, Alfredo & Fisher, 2014) acarretando vantagens económico-financeiras para os municípios bem como contribuindo fortemente para a melhoria das condições de conforto e bem-estar das populações afetadas (Gleick, 2009).

O estudo aqui desenvolvido é o reflexo disso mesmo uma vez que se pretende analisar uma zona – situada na vila de Caldas das Taipas, Guimarães, Portugal – caracterizada por apresentar sérios problemas de drenagem urbana que, inevitavelmente, afeta negativamente as populações. Este é um espaço de uma enorme riqueza hídrica com um conjunto de nascentes tremais e sendo atravessado por uma ribeira – Ribeira da Canhota. No entanto, a importância dada a esta linha de água foi, progressivamente e ao longo dos anos, reduzindo encontrando-se, atualmente, entubada praticamente na sua totalidade.

Desta forma, o estudo tem dois grandes objetivos. Um primeiro referente à definição de uma solução que permita restituir as condições de escoamento da Ribeira e, consequentemente, melhorar as condições globais do ecossistema e dos habitats envolventes. E um segundo objetivo que passa pela busca de soluções que proporcionem a requalificação deste curso de água, restituindo-o a céu aberto, valorizando a importância hídrica deste espaço e promovendo a criação de uma área de lazer, atrativa, e que potencie o desenvolvimento sustentável da região.

2 SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

A área de intervenção encontra-se inserida na bacia hidrográfica do Rio Ave – com uma área total de 1390 km² e uma extensão de, sensivelmente, 100 km – estando situada no espaço urbano da vila das Caldas das Taipas, concelho de Guimarães, no Norte de Portugal.

Globalmente, a região em causa, é caracterizada por Invernos frios e chuvosos e Verões muito quentes e um pouco húmidos com amplitudes térmicas anuais relativamente altas.

A figura 1 diz respeito a uma vista aérea da área de intervenção, encontrando-se delimitada a norte pelas Termas Novas e a sul pelas Termas Velhas da vila.

Este é um local caracterizado por ter baixas cotas, quando comparada com a sua envolvente, sendo comum a ocorrência de inundações. A agravar este cenário está o facto de esta zona ser atravessada, longitudinalmente, por uma ribeira – Ribeira da Canhota.

Esta ribeira caracteriza-se por apresentar uma inclinação pouco acentuada e como tal, uma velocidade de escoamento reduzida. A sua bacia hidrográfica apresenta taxas de impermeabilização bastante distintas: a norte os valores são reduzidos enquanto que a este e oeste observam-se altos índices de impermeabilização – sendo uma área mais urbana.

A sul da zona de estudo, verifica-se a união da Ribeira da Canhota com o Rio Ave pelo que, em alturas de precipitação mais intensas, as variações de altura do Rio Ave têm fortes reflexos nas condições de escoamento e de drenagem da zona de intervenção.



Figura 1: Situação de Referência

Paralelamente, apresentando uma extensão total de 3450 metros, a Ribeira da Canhota, efetua o seu escoamento, maioritariamente, a céu aberto, atravessando zonas agrícolas. A exceção é mesmo na zona mais a jusante, antes de desaguar no Rio Ave, onde as condições mudam significativamente. Neste último troço, a Ribeira atravessa a vila de Caldas das Taipas encontrando-se atualmente entubada, numa extensão de 462 metros, só voltando a reaparecer a céu aberto nos últimos 300 metros do seu percurso.

Tendo-se efetuado uma análise das infraestruturas e condições hidráulicas existentes verificou-se que o seu escoamento faz-se por via de 2 coletores de 800 milímetros. Ao caudal da Ribeira junta-se, posteriormente, uma tubagem de 1000 milímetros que resulta da drenagem de águas pluviais de uma zona totalmente impermeável e de dimensões assinaláveis. Referir neste ponto que apesar de receber mais caudal, a tubagem para jusante mantém-se a mesma por mais 36 metros até fazer a transição para uma galeria subterrânea. Esta galeria encaminha a água durante 100 metros até ser feito o transvaso para um coletor de 1000 milímetros que encaminha a água durante o restante trajeto subterrâneo. No levantamento cadastral verificou-se também, ocasionalmente, a junção de outras tubagens de pequenas dimensões sendo a sua natureza e origem desconhecidas. Nos últimos 300 metros, do seu percurso e antes de desaguar no rio Ave, o escoamento é feito, novamente, a céu aberto numa zona eminentemente agrícola.

Esta é uma região bastante fustigada por cheias e inundações. Os relatos por partes das populações são constantes tendo por isso um enorme impacto na sustentabilidade da região.

Nesse sentido, e tendo por base este levantamento e pré-análise realizada, pretende-se definir uma solução requalificação que permita mitigar os efeitos das inundações sentidos na área de estudo promovendo, simultaneamente, a regeneração de todo o espaço, tornando-o mais atrativo e sustentável.

3 ESTIMAÇÃO DE CAUDAIS

Paralelamente ao levantamento e caracterização das infraestruturas hidráulicas existentes bem como do respetivo levantamento topográfico de toda a envolvente, foi necessário estimar os caudais e respetivas variações que a Ribeira da Canhota apresenta. Esta é uma condição fundamental para se proceder à definição de uma solução integradora e eficiente.

Assim, dois tipos de caudais foram quantificados: os caudais médios mensais e os caudais de cheia.

3.1 Caudais Médios Mensais

Na bacia da Ribeira da Canhota não existem medições hidrométricas com os registos dos caudais médios diários ou mensais. Nesse sentido, a estimação desses caudais foi efetuada

de forma indireta, pela análise e tratamento dos dados relativos aos valores dos caudais médios mensais observados noutros postos hidrométricos existentes nas imediações e com base numa correlação com dimensões das bacias hidrográficas.

A dificuldade associada a essa correlação reside, não só, na heterogeneidade das bacias em causa, mas também no facto de, no *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, os dados históricos apresentarem grandes diferenças no número de anos registados.

Os caudais médios mensais na Ribeira da Canhota foram assim estimados com base na correlação entre a área da bacia da Ribeira da Canhota e as áreas de cada uma das bacias consideradas. A afinidade entre as características hidro-morfológicas das sub-bacias com a da bacia da área em estudo bem como a proximidade geográfica foram os principais fatores a ter em consideração na seleção dos dados de forma a que os resultados possam ser o mais fiáveis e realistas possíveis.

Com base neste processo, foi possível quantificar um conjunto de caudais, mínimos, médios e máximos mensais relativos à bacia em análise. A figura 2 apresenta os resultados obtidos.

Q(m³/s)	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Mínimo	0,02	0,04	0,10	0,08	0,09	0,07	0,08	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01
Médio	0,03	0,05	0,13	0,11	0,14	0,08	0,09	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01
Máximo	0,06	0,06	0,19	0,14	0,22	0,10	0,10	0,08	0,05	0,03	0,02	0,02

Figura 2. Caudais médios mensais estimados para a Ribeira da Canhota.

Importa ainda dizer que estes resultados foram comparados com os valores resultantes de três medições, espontâneas, realizadas no local tendo-se observado um alinhamento entre os valores teóricos obtidos e os observados em campo bastante positivo.

3.2 Caudais de Cheia

No que diz respeito à quantificação do caudal de cheia optou-se, tendo em conta as condições da bacia da Ribeira da Canhota, pelo Método Racional e pelo Método de Loureiro.

Método Racional

A opção por este método foi realizada tendo em consideração a dimensão, formato e características topográficas da bacia.

Desta forma, o caudal é obtido através da seguinte expressão:

$$Q = C \times I \times A \times \left(\frac{1}{3600} \right) \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

- Q corresponde ao caudal em l/s;
- I diz respeito à intensidade de precipitação em mm/h;
- C é o coeficiente de escoamento;
- A é a área da bacia em m².

Ora com base nestes parâmetros, foi possível quantificar o caudal de cheia a considerar no projeto tendo-se obtido um valor de 15 m³/s para um período de retorno de 50 anos.

Método de Loureiro

O Método de Loureiro foi desenvolvido em Portugal com base em estudos desenvolvidos para o Norte e para o Sul do país, onde se delimitou zonas e correlacionou-se caudais de ponta de

cheia medidos e analisados pela *Distribuição de Gumbel* com a área da bacia através da seguinte expressão:

$$Q = C \times A^Z \quad (\text{eq. 2})$$

Sendo que:

- Q diz respeito ao caudal de ponta, em m³/s;
- C é um parâmetro regional, adimensional, relacionado com o período de retorno, T_r;
- A refere-se à área da bacia hidrográfica, em km²;
- Z trata-se de um parâmetro regional, adimensional.

Assim, na aplicação da fórmula do Loureiro ao cálculo de caudais de cheia, para além da área do elemento hidrológico em estudo, foram considerados dois parâmetros regionais, um dos quais relacionados com o período de retorno. Obteve-se os seguintes caudais de ponta de cheia:

- 9 m³/s para o período de retorno de 5 anos;
- 12 m³/s para o período de retorno de 10 anos;
- 15 m³/s para o período de retorno de 20 anos;
- 16 m³/s para o período de retorno de 50 anos;
- 19 m³/s para o período de retorno de 100 anos.

As diferenças nos resultados obtidos por via dos dois métodos não são muito díspares. No entanto, a discrepância de valores entre os caudais médios mensais estimados e os caudais de cheia são bastante significativas dando desde já um claro sinal de alerta sobre a forma como a bacia se comporta em situações de precipitações intensas.

4 SOLUÇÃO PROPOSTA

As variações sazonais dos caudais estimados para a Ribeira da Canhota são significativas. Apesar de no verão apresentarem valores mínimos próximos dos 5 l/s, a verdade é que em situações de precipitação intensas, fruto da topografia desta zona – perfilando-se como uma zona de baixas cotas – e aleado ao facto de se verificar uma grande confluência de águas pluviais, não acompanhado por um aumento do diâmetro das tubagens, origina-se, frequentemente, situações de inundações com impactos assinaláveis nas populações.

Nesse sentido, e fruto do cenário em causa a solução apresenta duas componentes distintas.

A primeira passa por efetuar uma separação clara entre as águas pluviais e as águas da Ribeira definindo para cada uma delas uma rede própria e independente. Sabendo-se dos diferentes tempos de resposta destes dois sistemas, da variação dos seus caudais, juntamente com as potenciais cargas poluentes, fortemente associadas às águas pluviais, a separação física é uma condição fundamental para uma mitigação dos picos de cheia.

A segunda componente é focada exclusivamente na Ribeira e na sua envolvente apresentado um conjunto de medidas que mitigam os efeitos dos caudais de cheia e, simultaneamente, promovam a requalificação da linha de água e a regeneração de todo o espaço. Desta forma, a proposta passa por trazer para a superfície a Ribeira, possibilitando que o seu curso seja efetuado a céu aberto, criando assim uma zona onde a água, os espaços verdes e a comunidade estejam em constante interação. A solução proposta consiste num canal superficial composto por um leito menor permanente e um leito maior que será ocasionalmente inundável. As restantes zonas envolventes serão constituídas por um espaço verde de lazer.

Este sistema apresenta duas câmaras com objetivos específicos: uma de entrada, a montante, com a função de regularizar e controlar de caudal e que processa a transição entre o traçado entubado para o traçado a céu aberto e uma câmara de saída a jusante com a função de restituir o caudal descarregado à Ribeira após a área de intervenção.

Relativamente à câmara de regularização e controlo dos caudais, esta consistirá num órgão onde a água proveniente será coletada e distribuída a céu aberto. A sua localização será na zona mais a montante da área de intervenção. Através daqui, será possível controlar o caudal máximo a transferir para a zona de intervenção, minimizando assim a ocorrência de inundações. Foi estimado que o caudal máximo a ser descarregado para o canal não deverá de ser superior a 0,42 m³/s. Sempre que o caudal afluyente ultrapasse o caudal definido na exploração, a água em excesso será encaminhada, por via de um descarregado lateral, para um *bypass* que terá como função encaminhar a água em excesso, subterraneamente, até à câmara de saída – local onde confluem todas as águas pluviais da região bem como o canal da Ribeira. A figura 3 representa a câmara de montante aqui descrita.

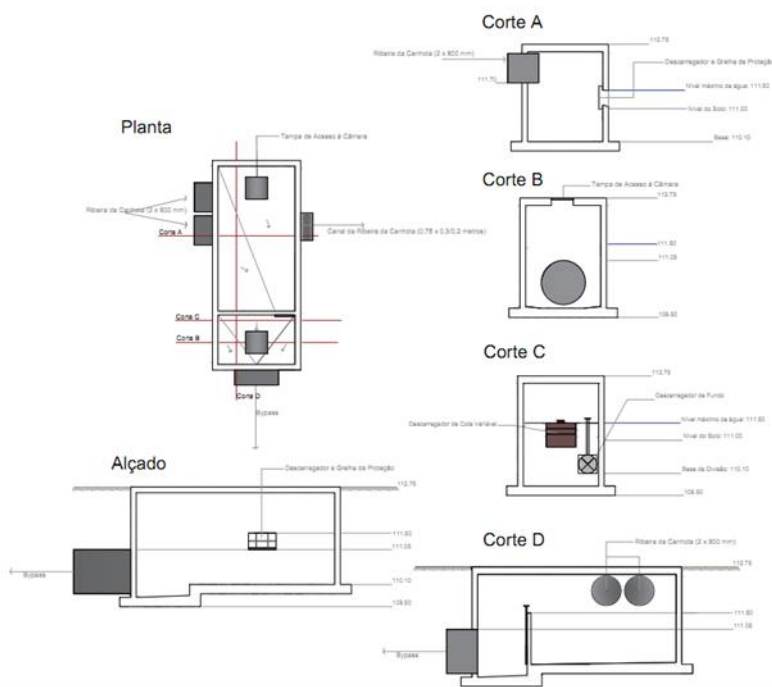


Figura 3: Câmara de regularização e controlo de caudais.

No que diz respeito ao traçado a céu aberto este irá apresentar três zonas distintas.

A primeira diz respeito à área principal do traçado da Ribeira, constituindo-se como um canal, inundável, e que liga a câmara de entrada à câmara de saída. Fruto das características físicas do local nomeadamente a reduzida inclinação do canal, o material escolhido deverá de salvaguardar a possibilidade de desenvolver um processo construtivo mais rigoroso e, simultaneamente, apresentar uma baixa rugosidade, de forma a diminuir a deposição de sedimentos e o acumular de matéria orgânica. Aleando estes fatores a componente económica, o betão destaca-se como sendo um elemento que cumpre todos estes requisitos.

A segunda zona, denominada de leito maior – área pontualmente inundável –, apresenta um perfil transversal variável, permitindo que, sempre que a altura de água ultrapasse a altura máxima do canal principal, a água faça o seu percurso por via de um canal com uma secção transversal maior – resultante da junção destas duas zonas. Esta zona deverá de ser constituída por um elemento britado para a sua base, possibilitando e promovendo assim o crescimento de plantas e vegetação rasteira.

Nesse sentido, e sendo o canal principal um elemento completamente hídrico, esta segunda secção assume-se como um elemento húmido de transição uma vez que, dependendo das alturas do ano, poderá ou não estar inundado.

A figura 4 representa as duas zonas aqui descritas.

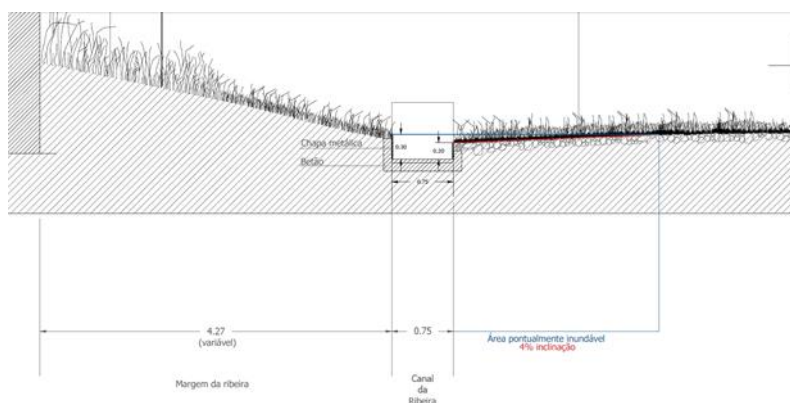


Figura 4: Representação do canal do canal principal e de leito maior.

Por fim, a terceira zona apresenta-se como uma área verde, não inundável. Com isto pretende-se promover uma mudança gradual em termos de ambiente desde uma zona húmida até uma zona menos húmida. Na figura 5 encontram-se representadas as três zonas.

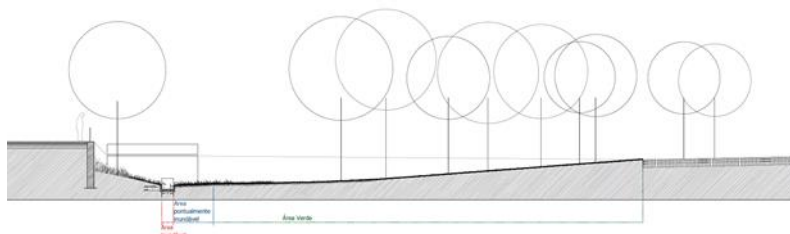


Figura 5: Representação das três zonas do traçado a céu aberto.

Relativamente à câmara de saída esta encontra-se localizada na zona mais a jusante da área de intervenção e consiste num órgão onde são coletadas as águas transportadas pelo canal bem como as provenientes do *bypass* e das redes de drenagem de águas pluviais adjacentes.

A entrada apresentará uma configuração idêntica à do próprio canal possibilitando o controlo da altura de água verificada no canal. A figura 6 representa a câmara de jusante aqui descrita.

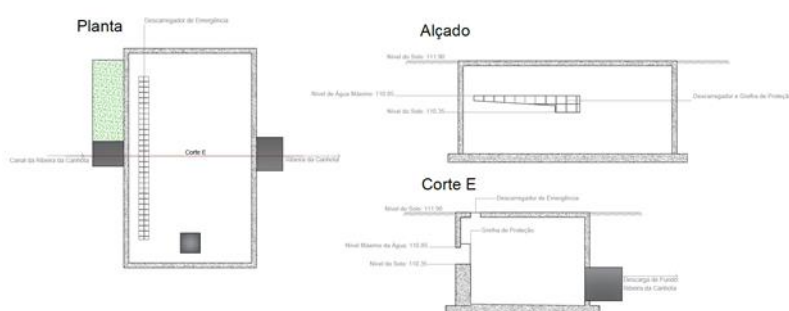


Figura 6: Câmara de saída.

5 CONCLUSÕES

Fruto do crescimento e desenvolvimento das cidades e aglomerados urbanos, problemas associados à gestão das águas pluviais têm sido, cada vez mais, frequentes no seio das populações. Com um aumento, constante, das taxas de impermeabilização dos solos aleado,

muitas das vezes, a uma rede de drenagem subdimensionada e construída de forma desconectada, problemas decorrentes de inundações e elevados níveis de poluição destas águas têm causado severos impactos nas sociedades. Estes problemas, para além de económicos e financeiros ganham também, na grande maioria dos casos, uma dimensão ambiental e social apresentando grandes consequências nos ecossistemas envolventes e no bem-estar das populações.

Tendo a água o potencial de transformar e regenerar espaços urbanos, atuar no sentido de definir ações e planos integrados e holísticos que permitam mitigar as inundações e minimizar os impactos de poluição destas águas é uma necessidade imediata nos mais diversos aglomerados urbanos.

O estudo desenvolvido e a solução apresentada são o reflexo disso mesmo. Tratando-se de uma zona bastante fustigada por inundações que afetavam a população envolvente, foi desenvolvido um sistema que permite melhorar as condições de escoamento e, simultaneamente, proporcionasse a regeneração de todo o espaço promovendo, simultaneamente, a melhoria das condições bem-estar da população.

Assim, o primeiro passo, e de forma a efetuar um controlo da poluição, passa por efetuar uma separação entre a linhas de água e as redes de drenagem de águas pluviais associadas. Contrariamente à Ribeira, onde o seu percurso é caracterizado por atravessar zonas agrícolas e terreno florestal não apresentando grande carga de poluentes, as águas pluviais, fruto da lavagem dos pavimentos que atravessam e do ambiente urbano de onde proveem, arrastam consigo, na grande maioria das vezes, cargas poluentes muito elevadas. Nesse sentido e com o intuito de redefinir o traçado da ribeira nesta zona, restituindo-a a céu aberto, a separação das redes é uma inevitabilidade de maneira a garantir a qualidade da água.

Paralelamente e mudando o foco para a gestão de caudais a solução passa pela implementação de uma câmara a montante do canal, com um *bypass* associado, o que acaba por possibilitar um controlo mais eficiente, em situações de precipitação mais intensas – uma vez que atingindo o limite estipulado, toda a água em excesso é encaminha, subterraneamente, pelo *bypass* –, contribuindo assim para uma mitigação dos efeitos das inundações e para a minimização das variações de altura de água no canal projetado.

Esta é uma solução onde as componentes hidráulicas e hidrológicas integram-se, harmoniosamente, com a componente arquitetónica e paisagística do espaço. Nesse sentido, para além de melhorar as condições de drenagem, mitigar os efeitos das inundações e reduzir das cargas poluentes presentes na ribeira possibilita a requalificação e regeneração de uma zona deteriorada contribuindo, simultaneamente, para o desenvolvimento sustentável da região e melhoria da qualidade de das populações.

REFERÊNCIAS

- Gleick Peter H. (2009) A look at twenty-first century water resources development. *Water International* 25 (1) 127-138.
- Howden M. S., Soussana J. F., Tubiello F. N., Chhetri N., Dunlop M., Meinke H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (40) 19691–19696.
- Jha A., Bloch R., Lamond J. (2012) Cities and Flooding. A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. The World Bank, Washington, D.C.
- Kummu M., de Moel H., Ward P. J., Varis O. (2011). How Close Do We Live to Water? A Global Analysis of Population Distance to Freshwater Bodies. *PLoS ONE* 6 (6) e20578. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020578>
- Lee J. G., Selvakumar A., Alvi K., Riverson J., Zhen J. X., Shoemaker L., Lai F. (2012) A watershed-scale design optimization model for stormwater best management practices. *Environmental Modelling & Software* 37 6–18.
- McCool Stephen F., Clark Roger N., Stankey George H. (2008). Water and people: challenges at the interface of symbolic and utilitarian values. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-729. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Meehl G. A., Stocker T. F., Collins W. D., Friedlingstein P., Gaye A. T., Gregory J. M. (2007) Global Climate Projections. Cambridge University Press, Cambridge.
- Russo Tess, Alfredo Katherine, Fisher Joshua. (2014). Sustainable Water Management in Urban, Agricultural, and Natural Systems. *Water* 6 (12) 3934-3956.
- UNDESA. (2015). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. United Nations, New York.